

TKİ'DE KULLANILAN GENİŞ ÇAPLI RÖTARİ DELİCİLERİN PERFORMANS ANALİZİ

THE PERFORMANCE ANALYSIS OF LARGE DIAMETER BLASTHOLE ROTARY DRILLS IN TKİ

Nuh BİLGİN W
Şinasi ESKİKAYA (»»>
Turgay DİNÇER(»»»>

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Rotari Deliciler, Konili Matkaplar, Matkap Aşınması, İADC Sınıflaması, Optimum Matkap Yüğü

ÖZET

Bu tebliğ TKİ'ye bağılı ELİ, GELİ, GLİ, MLİ ve SLİ müesseselerinde kullanılan geniş çaplı rotari deliciler üzerinde yapılan bir araştırmanın bir bölümünü özetlemektedir. 100'e yakın uygulamada, formasyonların jeomekanik özellikleri, delme anındaki baskı kuvveti, hava basıncı, dönme ve delme hızları tespit edilerek bir performans analizine gidilmiş ve delicilerin optimum çalışma şartları belirlenmiştir. Ayrıca 478 adet hurda matkap uluslararası İADC sınıflamasına göre tasnif edilmiş, aşınma nedenleri ortaya koyularak bazı tavsiyelerde bulunulmuştur.

ABSTRACT

This paper is a brief summary of a research project carried out on large diameter blasthole drills working in TKİ. The geomechanical properties of rock formations, pulldawn force, rotational speed and drilling rates of drill rigs are measured in 100 different applications. A total number of 478 worn three cone roller bits are classified according to IADC standarts and optimum operational parameters are determined in order to increase the life of drill bits.

- * Prof. Dr., İTÜ Maden Fakültesi, Maslak - İstanbul
** Prof. Dr., İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mekanizasyonu ve Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı,
Maslak - İstanbul
*** Doktorant, İTÜ Maden Fakültesi, Maslak - İstanbul

1. GİRİŞ

Bu tebliğ TKİ Kurumuna bağlı ELİ, GELİ, GLİ, MÜ ve SLİ Müessese Müdürlüklerinde açık işletme sahalarındaki dekapaj faaliyetlerinde kullanılan delicilerin ve delici uçların optimum kullanımlarını sağlayacak şartların incelenmesi ve tasarruf sağlayacak önlemlerin alınmasıyla ilgili bir bölümü özetlemektedir.

1990 ve 1991 yılları arasında ortalama olarak bu işletmelerde her yıl 1614000 m uzunluğunda, 9^{7/8} inçine çapında 112350 adet delik delinmiş ve yıllık 80x10⁶ m³ dekapaj yapılmıştır. Yıllık ortalama delici uç sarfiyatı 215 adettir. Kısmen faal geniş çaplı rotari delici sayısı ise 60 dır (Eskikaya, Bilgin 1993). Optimum patlayıcı madde sarfiyatı ile ilgili bir çalışmada ise, geniş çaplı rotari delicilerde işçilik dışında, 1 m delik delme maliyetinin 3 \$ olduğu görülmüştür (Eskikaya, Bilgin, 1992). Bu şartlarda TKİ'de işçilik dışında, dekapaj amaçlı delik delme masraflarının yıllık 4.8x10⁶ \$ civarında olduğunu söylemek mümkündür. İşçilik masraflarının da en az bu kadar tutacağı göz önüne alındığında, delicilerin optimum şartlarda kullanılmalarının önemi açıkça ortaya çıkmaktadır.

2 ROTARİ DELİCİLERİN OPTİMUM ÇALIŞMA KOŞULLARI

Rotari delicilerin optimum çalışma şartlarını belirleyen faktörler; formasyonların özelliklerine göre delici uç seçimi, baskı kuvveti, uç dönüş hızı ve kayaç kırntılarını yerüstüne çıkaran havanın hızıdır.

2.1 Optimum Baskı Kuvveti

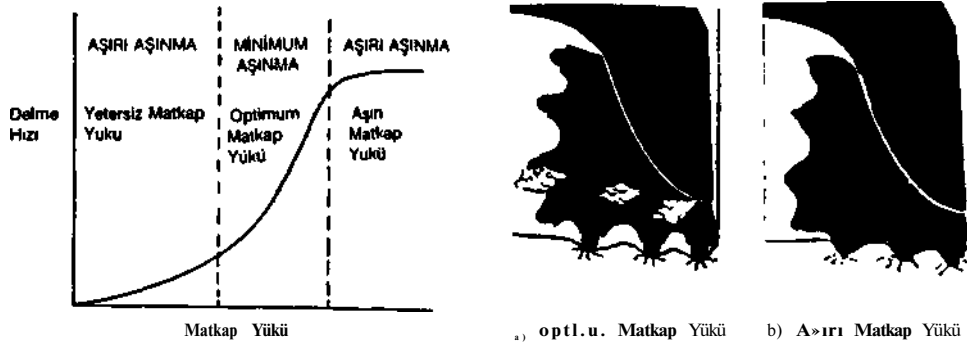
Şekil 1 den de görüldüğü gibi belirli bir baskı kuvvetine kadar uç elemanları yeteri kesme derinliğine ulaşamamakta ve delme hızı düşük olmaktadır. Optimum yüklerde uç elemanları arasında kalan kayaç parçaları, iri parçalar halinde kopmakta ve delme hızı artmaktadır. Aşırı matkap yüklerinde ise kopan parçalar uç elemanları arasına sıkışmakta, bu durum delme hızının artışını durdurduğu gibi aşınmayı da arttırmaktadır.

$$W_1 = \frac{\sigma_c \times D}{2} \quad (1)$$

Burada

W₁ = İdeal matkap yükü, kg; D = Matkap çapı, cm
C_c = Kayacın basınç dayanımı, kg/cm²

Uygulanması gereken optimum matkap yükü, delinecek formasyonun basınç dayanımına bağlı olarak Çizelge 1 de verilmiştir (Adler, Krihnan, 1983). Ayrıca optimum matkap yükü bazı imalatçı firmalar tarafından yukarıdaki gibi formüle edilmiştir (Praillet, 1988,1990).



Şekil 1 Matkap Yüğü ve Delme Hızı Arasındaki Teorik Bağını

Çizelge 1 Formasyon Özelliklerine Bağlı Olarak Uygulanması Gereken Matkap Yüğü (Adler, Krihan, 1993)

Formasyon	Basınç Dayanımı kg/cm ²	Matkap Yüğü Ton/cm çap
Yumuşak formasyonlar Yumuşak şeyi, evaporitler, kumtaşı	600	0.18-0.72
Orta Sert ve Sert Kireçtaşı, dolomit Kumtaşı	600-1300	0.54-0.89
Çok sert bazalt, granit, kuvarsit	1300	0.72-1.44

2.2 Optimum Matkap Dönüş Hızları

Delici uç aşınmasında, diğer faktörlerin yanında matkap dönüş hızı da önemli olmaktadır. Çok sert formasyonlarda 30-40 devir/dak, orta sert formasyonlarda 60-120 devir/dak, yumuşak formasyonlarda ise 70-140 devir/dak'lık dönüş hızları tavsiye edilmektedir (Cummins, 1973).

2.3 Havanın Geri Dönüş Hızı

Kırıntılar delik dibinden hemen uzaklaştırılmalıdır. Aksi takdirde, bunlar tekrar tekrar kırılıp öğütülecektir. Bu durum hem uçların aşınmasına sebep olmakta hem de delme hızını düşürmektedir. TKI'de genellikle örtü tabakasını oluşturan marn ve benzeri formasyonlarda 1500 m/dak'lık hava dönüş hızı yeterli olmaktadır. MLI'ye bağlı Keleş işletmesinde olduğu gibi çamurlu ve killi formasyonlarda bu hız 2100 m/dak'ya, hematit ve manyetit gibi ağır minerallerin kırıntılarını temizlemek için ise hava dönüş hızını 2700 m/dak'ya kadar çıkarmak gerekebilmektedir.

Çizelge.2 TKİ'ye Bağlı Değişik Müesseselerde Geniş Çaplı Deliciler Üzerinde Yapılan Ölçümler ($D=9^{7/8}$ inçtir)

Yer	Kayaç	kg/cm ²	Uç	Net Hızı m/dak	N d/dak	Baskı kg	İdeal Baskı ka
PM Işıklar	Marn	887	WC	0.57	119	5031	11130
Işıklar	Marn	887	WC	0.78	119	5031	11130
Işıklar	Kalker	775	WC	0.97	119	5031	9730
Işıklar	Marn	887	WC	0.99	119	4644	11130
Işıklar	Marn	887	WC	0.60	119	1418	11130
Sankava	Marn	692	WC	0.70	118	4644	8480
Sankava	Marn	692	WC	0.63	119	3870	8680
K.Dere	Marn	824	WC	0.61	120	5418	10340
GEÜ Sekköv	Kalker S. Bantlı M.	200-600	WC	0.98	118	3870	2500- 7500
Sekköv	Kalker S. Bantlı M.	200- 600	WC	1.15	118	3870	2500- 7530
Sekköv	Marn	216	WC	1.91	?	2322	2710
T.Bağyaka	Kalker S. Bantlı M.	520- 670	WC	1.38	?	2177	6530- 8410
T.Baövak	Kalker	666	WC	1.47	118	4644	8410
BeRe	Marn	161	OD	1.33	119	4644	2020
Beke	Marn	161	OD	2.38	120	6580	2020
37 Basamak	Silis B. Marn	?	OD	1.40	120	7740	?
36 Pano	Marn	469	OD	2.03	119	4118	5890
MÜ ürfaneli	Tüfit	262	WC	1.28	118	5418	3290
Orhaneli	Marn	455	WC	1.85	118	4644	5710
Orhaneli	TüfitK. Bantlı M.	404	WC	1.98	119	4644	5070
Sü	Marn	105	WC	2.68	118	5031	1320
	Marn	105	WC	2.48	118	5031	1320

WC=Tungsten karbür elemanlı delici uç

OD=Oyma dişli çelik elemanlı delici uç

İdeal baskı değerleri 1 no'lu Praillet bağıntısından hesaplanmıştır.

2.4 Uçun Yapısı ve Şekli

Yumuşak ve orta sert formasyonların delinmesinde oyma dişli matkaplar, bunların dışında ise tungsten karbür elemanlı matkaplar tavsiye edilmektedir. Kayaçların basınç dayanımlarına göre de değişik geometrik yapıda uçlar tavsiye edilmektedir.

3 TKİ'YE BAĞLI DEĞİŞİK MÜESSESELERDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu araştırmalar çerçevesinde TKİ'ye bağlı ELİ, GELİ, GLİ, MLI, ve SLİ Müesseselerinde dekapaj yapılan sahalarında jeomekanik ve delinebilirlik özellikleri tespit edilmiş, delicilerin performans analizi ise yerinde bir seri gözlemlerle tespit edilmiştir. Çalışmaların ikinci safhasında ise 478 adet hurdaya ayrılmış 9^{7/8} inçlik uç İADC sınıflaması esas alınarak tasnif edilmiştir.

3.1 Delicilerin Performans Analizi

Deliciler üzerinde yapılan ölçüm sonuçları ve kayaçların basınç dayanımları çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi ELİ'de ki tüm formasyonlarda ve GELİ, Tınaz-Bağyaka'daki kalkerde ideal baskının altında; GLİ Beke Panosunda, MLI Orhaneli'ndeki tüfit formasyonunda ve SLİ'deki uygulamalarda ideal baskının üstünde çalışılmıştır. Bu uygulamaların getirdikleri ve götürdüklerini daha iyi anlayabilmek için, ideal baskılarda bazı denemeler yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3'de özetlenmektedir. Buradanda görüldüğü gibi ELİ'ye ait Işıklar, Kısırakdere ve Sarıkaya Panolarında, GELİ'de ise Tınaz-Bağyaka'da net delme hızlarını iki katına kadar çıkarmak mümkün olmuştur. ELİ'de delinen toplam delik uzunluğu, TKİ'de delinen toplam delik uzunluğunun % 44'ü civarında ve bununda ekonomik karşılığının ortalama 4.1x10⁶ \$ olduğu düşünülürse, ideal baskılarda çalışmanın ne derece önemli olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

Çizelge.3 ELİ ve GELİ'de İdeal Baskı Yüklerinde Alınan Sonuçlar (Uç çapı D=9^{7/8} inç)

Yer	Kayaç	a kg/cm ^s	Uç	N d/dak	İdeal Baskı	Net Hız m/dak	Hız Artışı	
EÜ	Işıklar	Marn	887	WC	119	11000	1.30	%76
	Işıklar	Marn	887	WC	119	10000	1.70	%130
	Kısırakdere	Marn	824	WC	119	10000	1.20	%97
	Kısırakdere	Marn	692	WC	119	8000	1.25	%98
fiEJJ	T.Bağyaka	Kalker	666	WC	119	8000	2.50	%70

3.2 Aşınmış Delici Uçların Sınıflandırılması

Hurdaya ayrılmış delici uçların aşınma şekilleri delici makinelerin optimum şartlarda çalışıp çalışmadıklarının bir göstergesidir. Aşınma şekillerinden geriye gidilerek matkap sarfiyatını azaltıcı tedbirler alınabilir. Bu amaçla uluslararası sondajcılar birliğinin (IADC) 1987 yılında kabul ettiği sınıflama sistemi geniş bir kullanım alanı bulmuştur (McGEHEE,1992; BRANDON,1992). Bu sistem hem oyma dişli hem de tungsten karbür uçlu matkaplarda kullanılmaktadır. Bu sistemde aşağıda verilen kodlama kullanılır.

Kesici Yapı T				B	G	Not	
İç Sıra	Dış Sıra	Aşınma Karakteristiği	Yeri	Yatak	Dış Yanak 1/16	Diğer Aşınma	Çıkarma Sebebi
I	0	D	L	B	G	0	R

Sütun 1 : (I) Matkabın 2/3' ündeki iç kısmın kesici yapısındaki aşınma durumun belirlenmesinde

Sütun 2: (0) Matkabın 1/3' ündeki dış kısmının kesici yapısındaki aşınma durumunun belirlenmesinde kullanılır

Bu iki sütuna Şekil (2) de de belirtildiği gibi çelik veya WC ucun aşınma büyüklüğüne göre 0 dan 8'e kadar rakkamlar yazılır.



Şekil 2 Uçların Aşınma Büyüklüğüne Göre Sınıflandırılması

Örneğin, matkap uçlarının 1/3'ünü temsil eden dışkısmda uçlar yerinde fakat yarı yarıya aşınmışsa 2. sütuna 4 yazılır. Matkap uçlarının 2/3 ünü temsil eden iç kısımda WC elemanların yarısı düşmüş yansıda % 50 aşınmışsa 1. sütuna 6 yazılır.

Sütun (3) D sütunun altına aşınma özelliğini belirten 2 harfli kodlar yazılır. Bunlar aşağıdaki gibidir.

(BC) Kırık konileri gösterir. Bunun sebebi dizinin aniden bırakılması veya delik içersinde çok sert bir kayaç parçasına çarpmadır.

(BD) Dış kırılmasını gösterir. Aşırı baskı veya dönme hızı ile delik içersinde sert bir parçaya çarpma sebep olabilir.

(BU) Konilerin serbest yuvarlanamadıklarını gösterir. Delik dibinin iyi temizlenememesi veya yapışkan bir formasyonun delinmesi sebep olur.

(CC) Koninin çatlaması. Koninin erozyona tabi olması, uçların aşırı ısınması, dizinin ani bırakılması sebep olabilir.

(CD) Konilerin bir veya ikisinin dönmemesi ve mevzii aşınma. Konilerin sıkışmasından dolayı meydana gelir. Koni yatakları ya basınçlı hava ile iyi temizlenmemiş veya araya sıkışan yapışkan tabakalar dönmelerini englemiştir.

(CI) Konilerin dönerken birbirlerini etkilemesi, yatak arızalarından kaynaklanır

(CR) Koni uçlarının tamamen aşınması. Hava yetersiz olduğu için kırıntılar koninin merkezinde toplanmış ve aşınmaya sebep olmuştur. Düşen uçlar merkezde toplanmış ve aşınmaya sebep olmuşlardır.

(CT) Uçların kopması. Uca gelen ani darbeler ve konilerin az miktarda birbirlerini etkilemeleri sebep olabilir.

(ER) Erozyon. Aşırı hava hızı veya yetersiz havadan dolayı abrezif malzemenin uçları aşındırması.

(FC) Gayri muntazam aşınma. Yüksek dönüş hızı ve düşük matkap yükü sebep olabilir.

(HC) Konin serbest dönmeden bir müddet sürüklenmesi, aşırı ısınma ve sondaj sıvısı ile koninin aniden soğumasının sebep olacağı aşınma.

(JD) Delik dibine düşen sert malzemenin sebep olduğu aşınma türü.

(LC) Yatak sıkışmalarından dolayı mevzii aşınmalar sonucu koninin düşmesi.

(LN) Hava çıkış memesinin düşmesi.

(LT) Dişlerin düşmesi. Konide oluşan çatlaklardan dolayı dişlerin yuvalarında gevşemesi ve düşmesi.

(FN) Hava çıkış memesinin tıkanması.

(RG) Dış yanakların, aşırı dönüş hızlarında abrasif formasyonların etkisiyle aşınması. Bilyalı yataklardan bilyaların dökülmesi ve yatak sıkışması sebep olabilir.

(SD) Dış yanağın zedelenmesi

(SS) Kendi kendine bilenme. Ucun optimum şartlarda çalıştığının göstergesi.

(WT) Dişlerin aşınması

(KS) Koni sıkışması (Taraflımızdan ilave edilmiştir)

Sütun 4 (L) Yapıdaki aşınmanın nerede olduğunu gösterir. (N) burun, (M) orta sıra (H) dış sıra (A) ise bütün sıralar için kullanılır.

Sütun 5 (D) Yatak ömrünün ne kadarının harcadığını gösterir. Yeni matkaplarda (0), tamamen yatakları gitmiş matkaplarda (8) rakamı kullanılır.

Sütun 6 (G) Matkabın dış çapı 1/16 inch hassasiyetinde ölçülerek yazılır.

Sütun 7 (O) Diğer aşınma özelliklerini belirtir.

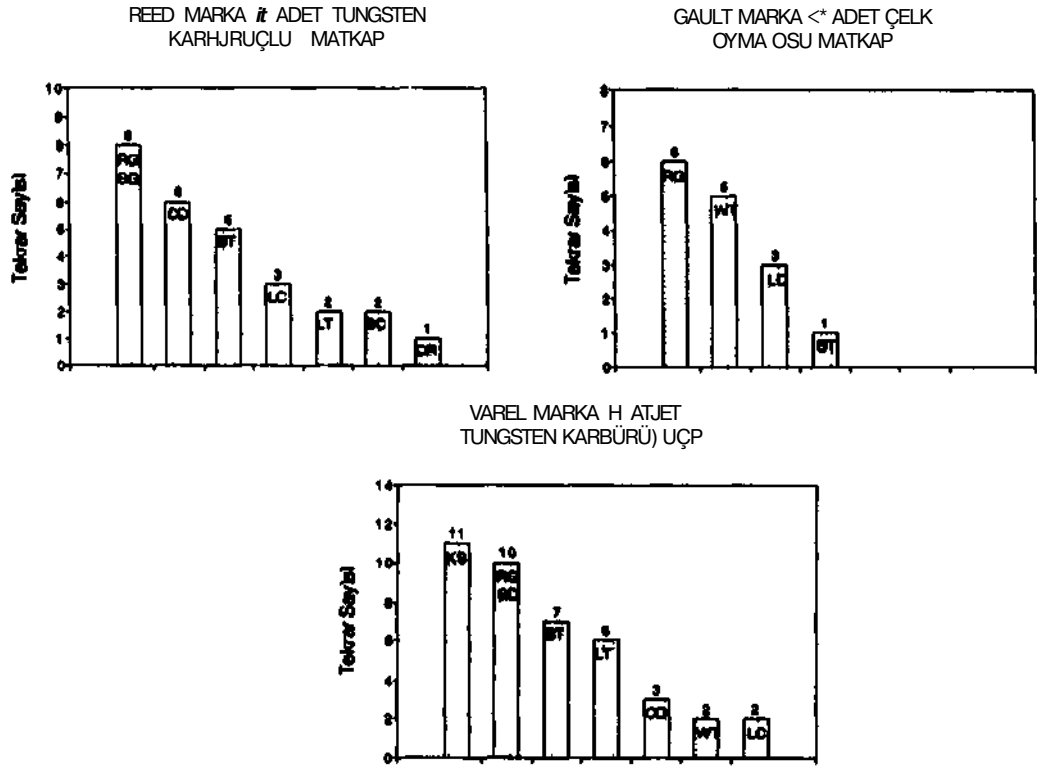
Sütun 8 (R) Matkabın hangi sebeple dışarı alındığını gösterir: FM kayaç formasyonun değişmesini, HP delik problemini, HR çalışma süresinin dolduğunu, pp pompa basıncını, PR delme hızının yetersiz olduğunu RIG delici makinanın bakıma alındığını, TQ delme momentinin aşırı arttığını, belirtir.

3.3 Aşınmış Matkaplar Üzerinde Yapılan Değerlendirmeler ve Optimum Kullanımın Belirlenmesi

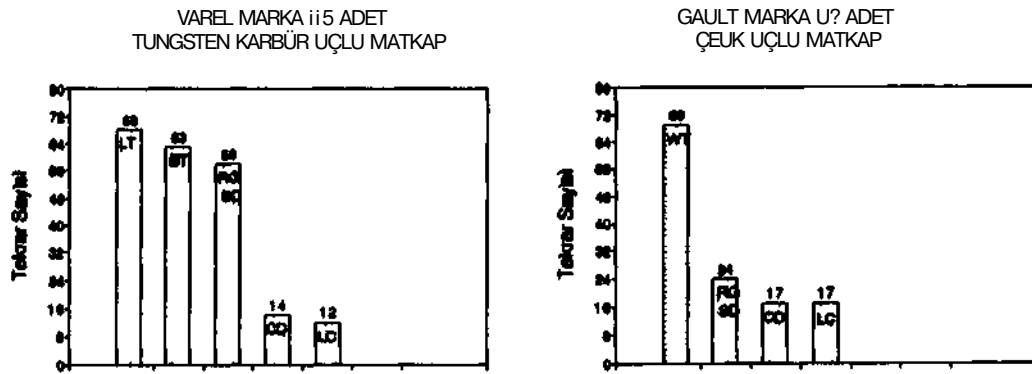
ELİ'de 56, GELİ'de 6, GLİ'de 199, MLİ'de 181 ve SLİ'de 36 olmak üzere toplam 478 hurda delici uç yerinde incelenmiş ve İADC sınıflandırmasına göre bir değerlendirme yapılmıştır. Sonuçlar şekil 3,4,5,6 da özetlenmiştir.

3.3.1 ELİ'deki Aşınmış Matkapların incelenmesi

ELİ'de Reed ve Varel Marka tungsten karbür elemanlı matkaplarda uç aşınması çok az sayıda olmuştur. Matkapların hurdaya çıkmalarının ana nedeni, şekil 3'de görüldüğü gibi (RG.SG), CD ve BT kotlarına karşılık gelen, yanaklardan aşınma, konilerin dönmeyerek sürüklenmesi ve bozulmaları ile diş kırılmalarıdır. Bunlar ise, ELİ'de matkapların ideal yükün altında çalışması ve bu nedenle abrazif aşınmaya maruz kalomalarına bağlamak mümkündür. Yanaklar aşındıkça rulmanlı yataklar açığa çıkmakta, koni serbest dönememekte adeta bir serbest sürüklenme işi yapmaktadır. Abrazif aşınma ile koni gövdeleri zayıflayınca tungsten karbür elemanlar daha fazla dışarı çıkmakta ve delme sırasında sert ara kesmelere rastlayınca'da uçlar kırılmaktadır. ELİ'de ideal yüklerde çalışıldığında matkap ömrünün % 20 civarında artacağı tahmin edilmektedir. Çelik oyma dişli matkaplar sınıfına giren Gault marka dulici uçlarda beklenildiği gibi hurdaya çıkmaların ana nedeni dış aşınması (WT) ve yanakların aşınması (RG.SD) şeklinde olmuştur. Bu tür matkaplarda diş uzunluğu tungsten karbür elemanlı matkaplara nazaran daha fazla olduğu için ideal yükün altında çalışma durumunda abrezif aşınmaya daha az maruz kalırlar.

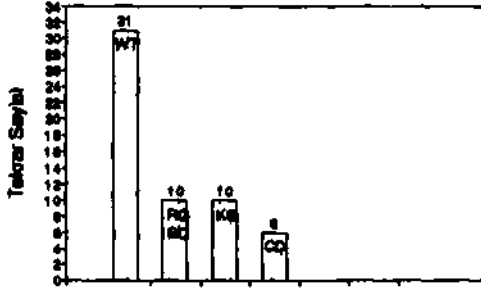


Şekil 3 ELİ'deki Hurda Matkapların İADC Standartlarında Aşınma Karakteristiklerinin Sayısal Dağılımı

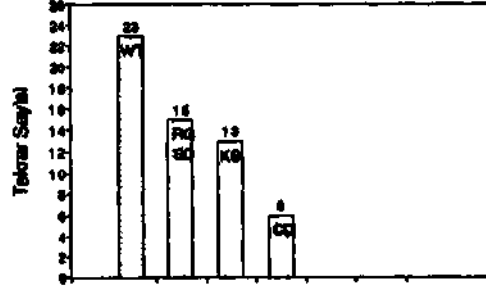


Şekil 5 MÜ'de Orhanelindeki Hurda Matkapların İADC Standartlarında Aşınma Karakteristiklerinin Sayısal Dağılımı

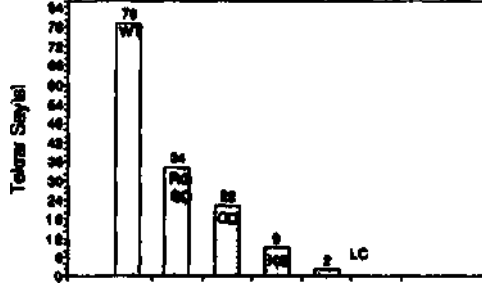
GAULT MARKA 57 ACET ÇTİK
UÇLU MATKAP



a VMUAMS MARKA 58 ACET ÇELK
UÇLU MATKAP

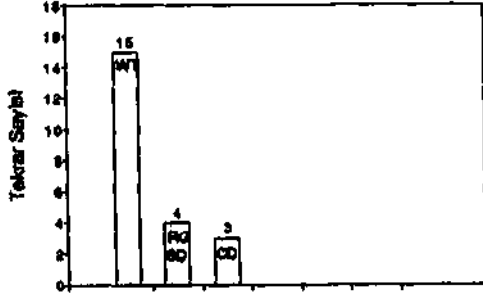


VAREL 10-20 MARKA M»ACET
ÇHJK UÇLU MATKAP



Şekil 4 GLİ'deki Hurda Matkapların IADC Standartlarında Aşınma
Karakteristiklerinin Sayısal Dağılımı

GAULT MARKA 13 ACET
ÇELK UÇLU MATKAP



VAREL MARKA 3? ADET TUNGSTEN
KARBÜR UÇLU MATKAP



Şekil 6 SLİ'deki Hurda Matkapların IADC Standartlarında Aşınma
Karakteristiklerinin Sayısal Dağılımı

3.3.2 GLİ'de ki Aşınmış Matkapların incelenmesi

Şekil 4'de hurda matkapların İADC standartlarında aşınma karakteristiklerinin sayısal dağılımı verilmiştir. Uçların hurdaya ayrılmasının ana nedeni (WT) uç aşınmasıdır. Çizelge 2 den de görüldüğü gibi GLİ'de delici uçlar ideal baskı şartlarında çalışmışlar ve normal sayılacak sürelerde ömürlerini yitirmişlerdir.

3.3.3 MLİ'de ki Hurda Matkapların incelenmesi

MLİ'ne ait Orhaneli İşletmesinde 162 adet 9^{7/8} inçlik, 19 adet de 6 inçlik toplam 181 adet hurdaya ayrılmış matkap incelenmiş ve sınıflandırılmıştır, şekil 5. Burada kullanılan uçların ömürleri 2500-3500 m civarında kalmıştır. Burada hakim formasyonun basınç dayanımı 250-450 kg/cm² arasında değişmektedir. Bu formasyonda delici uç ömrünün 8000-9000 m civarında olması gerekirdi. Şekil 5 den de görüldüğü gibi tungsten karbür uçlu matkaplarda hurdaya ayrılmanın ana nedenleri LT, BT, RG ve SG kodlarına tekabül eden uçların düşmesi, kırılması ve matkap yanaklarının aşınması olmuştur. Bunun ana nedeni aşın matkap yüküdür. Daha önce de izah edildiği gibi tüfit formasyonlarında ideal matkap yükü 3290 kg olması gerekirken 5418 kg da çalışmıştır. İdeal matkap yükünün üzerindeki değerlerde şekil 1 de izah edildiği gibi koni cidarında abresif aşınmadan dolayı incelemeler meydana gelmekte ve gerektiğinden fazla açığa çıkan tungsten karbür eleman ya yuvadan düşmekte ya da sert ara kesmelerde kırılmalara maruz kalmaktadır.

Çelik uçlu matkaplarda ise hurdaya ayrılmanın ana nedeni normal diş aşınması olmuştur. Bu tür matkaplarda tungsten uçlu matkaplara nazaran diş uzunluğu daha fazla olduğu için, koni aşınması olmadan dişler aşınmaktadır.

3.3.4 SLİ'de Hurda Matkapların İncelenmesi

SLİ'de kullanılmış, 15 adet çelik oyma dişi ve 29 adet tungsten karbür uçlu matkap yerinde incelenmiş ve sınıflandırılmıştır, şekil 6. Çelik uçlu matkaplarda hakim aşınma karakteristiği uçların aşınması şeklinde olmuştur. Hurdaya ayrılan tungsten karbür uçlu matkaplarda ise koni sıkışması ve yanaklardan aşınma en fazla görülen arıza türlerindedir.

Koni sıkışmalarının ana nedeni, basınçlı havanın koni yataklarına yeteri kadar nüfus edememesinden kaynaklanmaktadır.

4. SONUÇLAR

Yerinde yapılan ölçümlerde, ELİ ve GELİ'ye ait bazı uygulamalardan delicilerin ideal baskı kuvvetinin altındaki değerlerde çalıştığı görülmüştür. Deliciler ideal baskı yüklerinde çalıştırıldıklarında net delme hızları %100'e varan oranlarda artmıştır.

Optimum matkap kullanımının tespiti amacıyla işletmelerdeki hurdaya ayrılmış 478 adet uç yerinde incelenmiş ve aşınma durumları İADC standartlarına göre kotlanmıştır. Yapılan sınıflamaya göre aşınma nedenleri araştırılmış ve ileriye dönük bazı tavsiyelerde bulunulmuştur.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu araştırmayı destekleyen tüm TKİ mensuplarına teşekkür etmektedir. Öne sürülen görüşler tamamen yazarlara aittir.

KAYNAKLAR

ADLER, L, KRIHNAN, G. V., 1993; "A Unified Rock Classification for Drilling and Boring" Rapid Excavation and Tunnelling Conference, Chicago, p. 157-144

BRANDON, B. D, ET ALL, 1992; "A New İADC Fixed Cutter Drill Bit Classification System "PSE Drilling Conf., New Orleans, Louisiana, pp 841-848

CUMMINS, A.B., 1973; "Mining Engineering Handbook", The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Eng, New York

ESKİKAYA, S., BİLGİN, N, 1983; "Delinebilirlik ve Optimum Matkap Kullanım Etüdü, TKİ İçin Yapılan Araştırma Projesi, İTÜ s. 109

ESKİKAYA, S., BİLGİN, N.,1992; "ELİ Açık Ocaklarında Optimum Patlatma Şartlarının İncelenmesi" ELİ İçin Yapılan Araştırma Projesi.

McGEHEE, ET ALL, 1992; "The İADC Roller Bit Drill Grading System" İADC/SPE Drilling Conf. New Orleans, Louisiana, pp. 819-827

PRAILLET, D., 1988; "Drilling a Manufacturer's viewpoint", Mining Technology Int. p. 73-82

PRAILLET, D., 1990; "Blasthole Drilling, Rotary Drilling and the Four Kingdoms "World Mining Equipment, p.p 20-23